

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Dezember 2003 (11.12.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/102567 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01N 27/20

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/01658

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Mai 2003 (22.05.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 23 985.1 29. Mai 2002 (29.05.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BAST, Ulrich
[DE/DE]; Holzhofstrasse 1, 81667 München (DE). LAM-
PENSCHERF, Stefan [DE/DE]; Theodor-Heuss-Strasse
3, 85764 Oberschleissheim (DE). RETTIG, Uwe
[DE/DE]; Helmpertstrasse 13, 80687 München (DE).

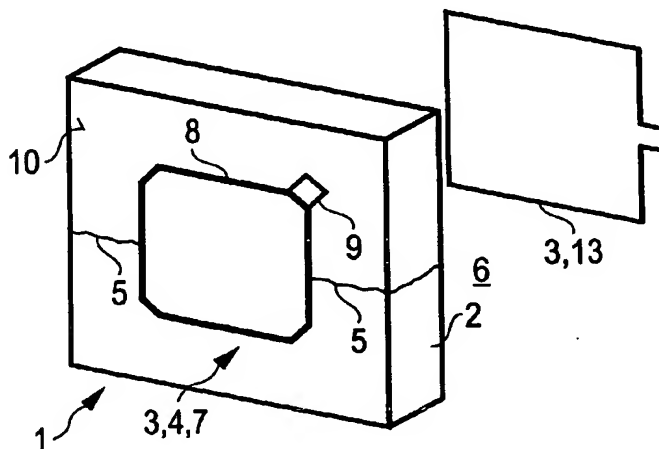
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ASSEMBLY FROM A STRUCTURAL ELEMENT AND A CONTROL ELEMENT, METHOD FOR PRODUCING
SAID ASSEMBLY AND USE THEREOF

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG AUS EINEM BAUTEIL UND EINER KONTROLLVORRICHTUNG, VERFAHREN ZUM
HERSTELLEN DER ANORDNUNG UND VERWENDUNG DER ANORDNUNG



(57) Abstract: The invention relates to an assembly (1) that consists of a structural element (2) and at least one control element (5) for detecting degradation of said structural element. Said control element comprises an electroconducting control structure (4) that is decoupled from a functionality of the structural element and that has a defined electrical property. The control structure and the structural element are firmly interlinked to such an extent that the degradation of the structural element effects a degradation (17) of the control structure and thus a change of the defined electrical property of the control structure. The structural element is for example a ceramic heat shield of a combustion chamber of a gas turbine. The control structure consists of a brittle ceramic conductor material. A crack in the heat shield extends as a crack in the control structure, thereby changing a functionality of the control structure as a resonator for irradiated, high-frequency electromagnetic waves, an

ohmic resistance of the control structure and a frequency-dependent impedance of the control structure. The assembly is used to monitor the operability of the structural element. The assembly is produced by, for example, simultaneous sintering of the structural element and the control structure.

(57) Zusammenfassung: Die Anordnung (1) besteht aus einem Bauteil (2) und mindestens einer Kontrollvorrichtung (3) zum Erfassen einer Degradation (5) des Bauteils. Die Kontrollvorrichtung weist eine von einer Funktion des Bauteils entkoppelte elektrisch leitfähige Kontrollstruktur (4) mit einer bestimmten elektrischen Eigenschaft auf. Die Kontrollstruktur und das Bauteil sind dergestalt fest miteinander verbunden, dass die Degradation des Bauteils eine Degradation (17) der Kontrollstruktur und damit eine Änderung der bestimmten elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur bewirkt. Das Bauteil ist beispielsweise ein keramisches Hitzeschild einer Brennkammer einer Gasturbine. Die Kontrollstruktur besteht aus einem spröden keramischen Leitermaterial. Ein Riss des Hitzeschildes setzt sich als Riss der Kontrollstruktur fort. Dadurch ändert sich eine Funktion der Kontrollstruktur als Resonator für eingestrahlte, hochfrequente elektromagnetische Wellen, ein Gleichstrom-Widerstand der Kontrollstruktur und eine frequenzabhängige Impedanz der Kontrollstruktur. Die Anordnung wird zur Überprüfung einer Funktionsfähigkeit des Bauteils verwendet. Das Herstellen der Anordnung erfolgt beispielsweise durch gemeinsames Sintern des Bauteils und der Kontrollstruktur.

BEST AVAILABLE COPY

WO 03/102567 A1



KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

1

**Anordnung aus einem Bauteil und einer Kontrollvorrichtung,
Verfahren zum Herstellen der Anordnung und Verwendung der
Anordnung**

5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung aus einem Bauteil und
mindestens einer Kontrollvorrichtung zum Erfassen einer
Degradation des Bauteils. Daneben werden ein Verfahren zum
Herstellen der Anordnung und ein Verfahren zum Überprüfen
einer Funktionsfähigkeit des Bauteils unter Verwendung der
10 Anordnung angegeben.

Die DE 36 36 321 A1 zeigt eine Anordnung und ein Verfahren
zur Feststellung des Verschleisszustandes eines Bauteils.

15 Eine Anordnung der genannten Art ist beispielsweise im
Zusammenhang mit einer Brennkammer einer Gasturbine bekannt.
Die Brennkammer weist einen Innenraum und ein den Innenraum
umgebendes Gehäuse auf. Im Innenraum der Brennkammer wird ein
fossiler Brennstoff verbrannt. Bei der Verbrennung wird eine
20 Temperatur von bis zu 1500°C erreicht. Dabei treten auch
korrosive Gase auf, die das Gehäuse der Brennkammer
angreifen. Zum Schutz des Gehäuses vor den hohen Temperaturen
und vor einem Angriff korrosiver Gase ist die Brennkammer mit
einer Vielzahl von sogenannten keramischen Hitzeschilden
25 ausgekleidet.

Ein Hitzeschild ist ein Bauteil aus einem Bauteilmaterial,
das eine sehr gute Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit
aufweist. Das Bauteilmaterial ist beispielsweise ein
30 keramisches Material in Form von Mullit. Aufgrund einer
porösen Struktur mit einer Vielzahl von Mikrorissen zeigt das
keramische Material ein sehr gutes Thermoschockverhalten.
Eine sehr starke Temperaturschwankung, die beispielsweise
beim Unterbrechen des Verbrennungsprozesses in der
35 Brennkammer der Gasturbine auftritt, wird ausgeglichen, ohne
dass das Hitzeschild zerstört wird. Allerdings kann es bei
einer mechanischen Überlastung des Hitzeschildes zu einer

Degradation des Hitzeschildes kommen. Es kann sich ein Riss (Makroriss) im Hitzeschild bilden. Ein derartiger Riss bildet sich dabei insbesondere an einem Rand des Hitzeschildes. Im Betrieb kann es zu einer Ausbreitung des Risses in Richtung Mitte des Hitzeschildes kommen. Der Riss wirkt sich bis zu einer bestimmten Länge nicht nachteilig auf die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes aus und kann deshalb toleriert werden. Überschreitet der Riss aber eine bestimmte Länge, so ist die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes nicht mehr gesichert. Ein Austausch des Hitzeschildes ist erforderlich, um einen durch den Riss verursachten Bruch des Hitzeschildes während des Betriebs der Gasturbine zu vermeiden. Es ist also unbedingt notwendig, einen vorhandenen Riss zu erkennen und die Länge des Risses zu bestimmen.

Das Erfassen des Risses bzw. der Länge des Risses des Hitzeschildes wird während einer Standphase der Gasturbine mit Hilfe einer Kontrollvorrichtung zum optischen Erfassen des Risses durchgeführt. Das Erfassen erfolgt in der Regel vom Innenraum der Brennkammer aus. Dabei wird ein optisch zugänglicher Oberflächenabschnitt des Hitzeschildes kontrolliert, der dem Innenraum der Brennkammer zugewandt ist. Soll dagegen die Rückseite des Hitzeschildes kontrolliert werden, ist dies oft nur mit einem Ausbau des Hitzeschildes möglich. Die Rückseite ist ein Oberflächenabschnitt des Hitzeschildes, der dem Innenraum der Brennkammer abgekehrt ist. Das aufgezeigte Verfahren zum Erfassen der Degradation und damit zum Überprüfen der Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes ist sehr zeitaufwändig und damit kostenintensiv.

Aufgabe der Erfindung ist es, aufzuzeigen wie eine Degradation eines Bauteils einfach, schnell und sicher erfasst werden kann.

Zur Lösung der Aufgabe wird eine Anordnung aus einem Bauteil und mindestens einer Kontrollvorrichtung zum Erfassen einer Degradation des Bauteils angegeben.

Die Anordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass die

- 5 Kontrollvorrichtung mindestens eine von einer Funktion des Bauteils entkoppelte elektrisch leitfähige Kontrollstruktur mit einer bestimmten elektrischen Eigenschaft aufweist, und das Bauteil und die Kontrollstruktur derart fest miteinander verbunden sind, dass die Degradation des Bauteils eine
- 10 Degradation der Kontrollstruktur und damit eine Änderung der bestimmten elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur bewirkt. Ausserdem besteht keine permanente elektrische Verbindung oder permanente elektromagnetische Kopplung.

- 15 Zur Lösung der Aufgabe wird auch ein Verfahren zum Herstellen der Anordnung mit den folgenden Verfahrensschritten angegeben:
 - a) Aneinander Anordnen des Bauteils und der Kontrollstruktur und
 - 20 b) festes Verbinden des Bauteils und der Kontrollstruktur,
 - c) Bereitstellen einer Kontrollvorrichtung (3), die nicht permanent mit der Kontrollvorrichtung (4) elektrisch oder elektromagnetisch verbunden wird.

- 25 Darüber hinaus wird zur Lösung der Aufgabe ein Verfahren zum Überprüfen einer Funktionsfähigkeit eines Bauteils unter Verwendung der Anordnung angegeben. Das Verfahren zum Überprüfen der Funktionsfähigkeit umfasst folgende Verfahrensschritte:
 - 30 a) Bestimmen eines Ist-Wertes mindestens einer bestimmten elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur, wobei eine elektrische oder elektromagnetische Kopplung zwischen Kontrollstruktur (4) und Kontrollvorrichtung (3) hergestellt wird,
 - 35 b) Vergleich des Ist-Wertes der elektrischen Eigenschaft mit einem die Funktionsfähigkeit des Bauteils wiedergebenden Soll-Werts der elektrischen Eigenschaft.

Die elektrisch leitfähige Kontrollstruktur ist ein beliebiges strukturiertes Netzwerk aus Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten. Größe, Form und Leitermaterial der Kontrollstruktur und die feste Verbindung der

5 Kontrollstruktur und des Bauteils sind derart gewählt, dass sich die Degradation des Bauteils in einer Degradation der Kontrollstruktur fortsetzt. Die Degradation der Kontrollstruktur führt zu einer Änderung der elektrischen

10 Eigenschaft der Kontrollstruktur. Diese Änderung wird durch den Vergleich des Ist-Werts und des Soll-Werts der elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur erfasst. Mit dem Bestimmen der elektrischen Eigenschaften der Kontrollstruktur ist ein Überprüfen eines Zustands und damit

15 das Überprüfen der Funktionsfähigkeit des Bauteils möglich.

Zum Überprüfen des Zustandes des Bauteils ist die Kontrollstruktur beispielsweise an einer kritischen Stelle des Bauteils angebracht. Ein Auftreten der Degradation des

20 Bauteils an der kritischen Stelle führt dazu, dass die Funktionsfähigkeit des Bauteils nur eingeschränkt oder gar nicht mehr gewährleistet wäre.

Das Bauteil ist beispielsweise ein eingangs beschriebenes

25 Hitzeschild. Die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes ist nur dann gewährleistet, wenn ein sich vom Rand des Hitzeschildes in Richtung Mitte des Hitzeschildes ausbreitender Riss eine bestimmte kritische Länge nicht überschreitet. Die kritische Stelle des Hitzeschildes wäre in diesem Beispiel durch einen

30 bestimmten Abstand vom Rand des Hitzeschildes in Richtung Mitte des Hitzeschildes festgelegt. Die Kontrollstruktur ist an der Oberfläche des Hitzeschildes in diesem Abstand beispielsweise ringförmig um die Mitte des Hitzeschildes angebracht.

Die beschriebene Anordnung aus Hitzeschild und Kontrollvorrichtung kann vorteilhaft auch dazu benutzt werden, um eine Anwesenheit des Hitzeschildes in der Brennkammer zu überprüfen. Liefert die Kontrollstruktur ein
5 entsprechendes Signal, so ist das Hitzeschild vorhanden. Die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes ist gewährleistet. Ist dagegen kein entsprechendes Signal detektierbar, so ist entweder die Degradation des Hitzeschildes so weit fortgeschritten, dass die Kontrollstruktur zerstört ist, oder
10 das Hitzeschild mit der Kontrollstruktur ist nicht mehr vorhanden. In beiden Fällen ist die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes nicht mehr gewährleistet. Durch ein ständiges Überprüfen während einer Betriebsphase des Hitzeschildes bzw. der Brennkammer mit dem Hitzeschild kann auf die Degradation
15 oder das Fehlen des Hitzeschildes sehr schnell reagiert werden. Ein mit der Degradation oder dem Fehlen des Hitzeschildes verbundener Folgeschaden kann beträchtlich eingeschränkt werden.

20 In einer besonderen Ausgestaltung ist die Degradation des Bauteils und/oder die Degradation der Kontrollstruktur aus der Gruppe Verformung und/oder Materialabtrag und/oder Rissbildung und/oder Rissausbreitung ausgewählt. Beispielsweise tritt bei dem Bauteil als Verformung eine
25 Verbiegung auf. Wenn die mit dem Bauteil verbundene Kontrollstruktur aus einem spröden, elektrisch leitfähigen Material besteht, kann die Verbiegung des Bauteils zu einem Riss oder einem Bruch der Kontrollstruktur führen. Damit würde sich beispielsweise ein elektrischer Gleichstrom-
30 Widerstand der Kontrollstruktur ändern. Der Nachweis der Verbiegung erfolgt durch den Vergleich des Ist-Werts des elektrischen Gleichstrom-Widerstands der Kontrollstruktur mit dem Soll-Wert des elektrischen Gleichstrom-Widerstands. Die Verbiegung ist auch erfassbar, ohne dass das Bauteil direkt
35 zugänglich ist.

In einer besonderen Ausgestaltung weist die Kontrollstruktur mindestens einen elektrischen Schwingkreis auf. Insbesondere ist die bestimmte elektrische Eigenschaft der Kontrollstruktur aus der Gruppe Gleichstrom-Widerstand und/oder Impedanz und/oder Hochfrequenz-Resonanz-Eigenschaft ausgewählt. Somit gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Degradation des Bauteils zu erfassen. Die angegebenen Verfahren können einzeln oder in Kombination mit einander durchgeführt werden.

Das Erfassen der Degradation erfolgt beispielsweise durch eine Resonanzmessung. Dies ist bei einer Kontrollstruktur in Form eines Schwingkreises möglich. Der Schwingkreis wirkt als Resonator für ein Hochfrequenzsignal. Mit Hilfe einer Antenne kann das Hochfrequenzsignal in den Schwingkreis eingekoppelt werden. Das Hochfrequenzsignal wird vom Schwingkreis wieder abgestrahlt und kann von derselben oder einer anderen Antenne erfasst werden. Eine Beschädigung einer Leiterbahn des Schwingkreises führt zu einem veränderten Resonanzverhalten bezüglich einer Frequenz und/oder Amplitude und/oder Phase des Hochfrequenzsignals. Auf diese Weise ist insbesondere eine Degradation eines nicht zugänglichen Oberflächenabschnitts eines Bauteils erfassbar. Die Möglichkeit des Erfassens der Degradation ist dabei nicht von einer Dicke der Hitzeschilde begrenzt. Zum Erfassen der Degradation braucht das Bauteil nur mit der Antenne abgetastet werden. Beispielsweise ist auf der Rückseite des Hitzeschildes einer Brennkammer, die im eingebauten Zustand nicht zugänglich ist, ein Schwingkreis angebracht. In einer Standphase der Gasturbine erfolgt das Erfassen eines Risses durch einfaches Aufsetzen der Antenne auf das Hitzeschild im Innenraum der Brennkammer. Innerhalb kürzester Zeit kann auf diese Weise eine Vielzahl von Hitzeschilden auf ihre Funktionsfähigkeit hin überprüft werden.

Alternativ dazu kann auch der Gleichstrom-Widerstand gemessen werden. Eine teilweise oder vollständige Unterbrechung einer Leiterbahn der Kontrollstruktur führt zu einer Veränderung des Gleichstrom-Widerstands der Kontrollstruktur.

- 5 Beispielsweise weist das Bauteil zur elektrischen Kontaktierung einer nicht zugänglichen Kontrollstruktur eine elektrische Durchkontaktierung (Via) auf. Über die Durchkontaktierung kann der Gleichstrom-Widerstand der Kontrollstruktur gemessen werden. Bei einem in der
- 10 Brennkammer eingebauten Hitzeschild kann der Gleichstrom-Widerstand beispielsweise dadurch gemessen werden, dass die Kontrollstruktur durch einen Spalt zwischen benachbarten Hitzeschilden hindurch elektrisch kontaktiert wird.
- 15 Zum Überprüfen der Funktionsfähigkeit des Bauteils kann auch eine Impedanzmessung durchgeführt werden. Dabei wird eine frequenzabhängige Impedanz der Kontrollstruktur gemessen. Die Impedanz ändert sich ebenfalls, wenn die Leiterbahn der Kontrollstruktur beschädigt ist. Die elektrische
- 20 Kontaktierung erfolgt wie bei der Widerstandsmessung.

- Ein Kombination der drei angegebenen Messverfahren ist zur Bestimmung der Funktionsfähigkeit der Kontrollstruktur vorteilhaft. Es kann eine Minimalfunktion der
- 25 Kontrollstruktur überprüft werden.

- In einer besonderen Ausgestaltung weist die Kontrollstruktur mindestens ein aus der Gruppe metallischer Leiter und/oder keramische Leiter ausgewähltes elektrisch leitfähiges
- 30 Leitematerial auf. Denkbar ist beispielsweise, dass die Kontrollstruktur aus einem sogenannten Cermet aufgebaut ist. In dem Cermet sind Partikel eines metallischen Leiters in einer Keramik derart verteilt, dass eine bestimmte elektrische Leitfähigkeit resultiert. Alternativ dazu kann
- 35 die Kontrollstruktur aus einem elektrisch leitfähigen, keramischen Material bestehen. In beiden Fällen liegt ein

sprödes Leitermaterial vor. Eine Riss im Bauteil kann sich als Riss in der Kontrollstruktur fortsetzen.

- Das Bauteilmaterial des Bauteils und das Leitermaterial der Kontrollstruktur können aus völlig verschiedenen Materialien mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften bestehen. Beispielsweise besteht das Bauteil aus einem Metall. Aufgrund einer Duktilität des Metalls kann es zu einer Degradation des Bauteils in Form einer Verbiegung kommen. Damit die Verbiegung mit Hilfe der Kontrollstruktur bestimmt werden kann, wird beispielsweise die Kontrollstruktur elektrisch isolierend auf der Oberfläche des Bauteils aufgebracht. Als elektrischer Isolator fungiert beispielsweise eine Keramik. Wenn nun die Kontrollstruktur aus einem spröden Leitermaterial gebildet ist, führt die Verbiegung des Bauteils zu einem Riss in der Kontrollstruktur. Eine elektrische Eigenschaft der Kontrollstruktur ändert sich. Dadurch ist die Verbiegung des Bauteils nachweisbar.
- In einer besonderen Ausgestaltung weisen ein Bauteilmaterial des Bauteils und das Leitermaterial der Kontrollstruktur eine im Wesentlichen gleiche mechanische Eigenschaft auf. Diese mechanische Eigenschaft ist insbesondere aus der Gruppe Temperatúrausdehnungs-Verhalten und Bruchzähigkeit ausgewählt. Bei einem Bauteil in Form eines Hitzeschildes tritt zwischen einer Betriebsphase und einer Standphase der Gasturbine ein sehr großer Temperaturunterschied auf. Im Betrieb wird beispielsweise im Innenraum der Brennkammer eine Temperatur von bis zu 1500 °C erreicht. Durch das im Wesentlichen gleiche Temperatúrausdehnungs-Verhalten ist gewährleistet, dass der Kontakt zwischen der Kontrollstruktur und dem Bauteil auch während eines Wechsels zwischen Betriebsphase und Standphase bestehen bleibt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Bruchzähigkeit des Bauteilmaterials und des Leitermaterials im Wesentlichen gleich sind. Insbesondere dadurch wird erreicht, dass sich

ein Bruch oder ein Riss im Bauteil in die Kontrollstruktur fortsetzen kann.

5 Neben den im Wesentlichen gleichen mechanischen Eigenschaften ist es vorteilhaft, wenn sich das Bauteilmaterial und das
Leitermaterial durch eine zumindest ähnliche Stabilität
gegenüber einem äußeren Einfluss auszeichnen. Der äußere
Einfluss ist beispielsweise eine Atmosphäre oder eine
10 Temperatur, der das Bauteil und/oder die Kontrollstruktur
während des Betriebs ausgesetzt sind. Beispielsweise tritt
auf dem Oberflächenabschnitt des Hitzeschildes, der dem
Innenraum abgekehrt ist, im Betrieb der Brennkammer eine
Oberflächentemperatur von bis zu 800°C auf. Das
15 Leitermaterial der Kontrollstruktur ist daher vorteilhaft bis
zu 800°C temperaturbeständig.

In einer weiteren Ausgestaltung ist die Kontrollstruktur an
einem Oberflächenabschnitt des Bauteils und/oder im Volumen
des Bauteils angeordnet. Zum Herstellen der Anordnung wird
20 beispielsweise als Bauteilmaterial des Bauteils und/oder als
Leitermaterial der Kontrollstruktur eine Keramik verwendet,
Zum festen Verbinden des Bauteils und der Kontrollstruktur
wird dazu ein gemeinsames Sintern des Bauteils und der
Kontrollstruktur durchgeführt. Beispielsweise wird auf dem
25 Oberflächenabschnitt eines bereits fertigen keramischen
Bauteils eine Paste eines keramischen Leitermaterials
aufgebracht. Der Oberflächenabschnitt kann dabei von einer im
Bauteil befindlichen Nut mit der Form der herzustellenden
Kontrollstruktur gebildet sein. Zum Aufbringen der Paste
30 eignet sich beispielsweise ein Siebdruckverfahren oder eine
Maskenverfahren. Das Leitermaterial wird dabei je nach
Anforderung als Schleife, Spirale oder Mäander aufgetragen.
Maßgebend sind hier die Art, Form und Toleranzgrenze der zu
erfassenden Degradation. Durch gemeinsames Sintern bei einer
35 Sintertemperatur der Paste bildet sich dann aus der Paste die
Kontrollstruktur mit dem keramische Leitermaterial. Denkbar
ist auch, dass das Bauteil in Form eines keramischen

Grünkörpers vorliegt und auf den keramischen Grünkörper die Paste des keramischen Leitermaterials aufgetragen wird. Durch ein gemeinsames Sintern, bei dem sowohl ein Verdichten des keramischen Bauteilmaterials des Bauteils als auch ein
5 Verdichten des keramischen Leitermaterials der Kontrollstruktur stattfindet, wird die Anordnung hergestellt.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Kontrollstruktur im Volumen des Bauteils angeordnet. Dies
10 gelingt beispielsweise dadurch, dass das Bauteil aus mehreren Schichten besteht. Die Schichten werden zusammen mit der Kontrollstruktur beispielsweise durch gemeinsames Sintern zusammengefügt. Es liegt ein keramischer Mehrschichtkörper vor, in dessen Volumen die Kontrollstruktur integriert ist.
15 Eine eventuell notwendige elektrische Kontaktierung für eine Impedanz- oder Widerstandsmessung erfolgt vorteilhaft über eine elektrische Durchkontaktierung.

Zusammenfassend ergeben sich mit der Erfindung folgende
20 besonderen Vorteile:

- Mit der vorliegenden Erfindung ist ein schnelles, einfaches und zerstörungsfreies Prüfverfahren zum Erfassen einer Degradation eines Bauteils möglich.
25
- Das Bauteil selbst kann eine extrem inhomogene Struktur aufweisen. Ebenso kann das Bauteil eine relativ große Bauteildicke aufweisen. Der Nachweis der Degradation ist auch unter diesen Randbedingungen möglich.
30
- Die Degradation kann auch an einem Oberflächenabschnitt des Bauteils bestimmt werden, der nur schwer zugänglich sind.
- 35 - Die Funktionsfähigkeit des Bauteils kann sowohl in einer Standphase als auch in einer Betriebsphase erfolgen.

- Die Überprüfung der Funktionsfähigkeit erfolgt einfach, schnell und sicher.

Anhand mehrerer Ausführungsbeispiele und der zugehörigen
5 Figuren wird im Folgenden die Erfindung näher vorgestellt.
Die Figuren sind schematisch und stellen keine
maßstabsgetreuen Abbildungen dar.

Figur 1 zeigt eine Degradation eines Bauteils, die sich als
10 Degradation der Kontrollstruktur fortsetzt.

Figur 2 zeigt eine Anordnung aus Bauteil und
Kontrollvorrichtung mit Kontrollstruktur in
perspektivischer Darstellung.

Figur 3 zeigt eine auf einem Oberflächenabschnitt des
Bauteils aufgebrachte Kontrollstruktur.

Figur 4 zeigt ein Verfahren zum Herstellen einer Anordnung
20 aus Bauteil und Kontrollvorrichtung.

Figur 5 zeigt ein Verfahren zum Überprüfen einer
Funktionsfähigkeit eines Bauteils unter Verwendung
der Anordnung.

Beispiel 1:

Die Anordnung 1 besteht aus einem Bauteil 2 in Form eines
Hitzeschildes und einer Kontrollvorrichtung 3 zum Erfassen
30 einer Degradation 5 des Bauteils 1 (Figur 2).

Die Kontrollvorrichtung 3 weist eine auf einem
Oberflächenabschnitt 10 des Hitzeschildes 1 aufgebrachte
elektrisch leitfähigen Kontrollstruktur 4 mit einer
bestimmten elektrischen Eigenschaft auf.

35 Die Kontrollvorrichtung 3 und die Kontrollstruktur 4 weisen
keine permanente elektrische Verbindung untereinander auf.

Der Oberflächenabschnitt 10 ist dem Innenraum 6 einer Brennkammer bspw. abgekehrt. Die Kontrollstruktur ist ein Schwingkreis 7 bestehend aus einer Leiterbahn 8 und einem Kondensator 9. Die zu erfassende Degradation 5 ist eine
5 Rissausbreitung eines vorhandenen Risses.

Das Hitzeschild 2 weist als Bauteilmaterial eine Keramik auf. Die Keramik ist Mullit. Das Leitermaterial der Kontrollstruktur 4 ist ein bis zu einer Temperatur von 800°C
10 beständiger, elektrisch leitfähigen keramischer Leiter. Das Leitermaterial und das Bauteilmaterial sind spröde. Sie zeigen eine im Wesentlichen gleiche Bruchzähigkeit.

Die Kontrollstruktur 4 ist auf dem Oberflächenabschnitt 10
15 des Hitzeschildes 2 derart aufgebracht, dass sich jeder Riss 5 im Hitzeschild 2, der sich vom Rand 11 des Hitzeschildes 2 in Richtung Mitte 12 des Hitzeschildes 2 ausbreitet und eine bestimmte Länge überschreitet, in der Kontrollstruktur 4
20 fortsetzt. Sobald die Länge des Risses 5 eine kritische Länge überschreitet, führt die weitere Ausbreitung des Risses 5 zu einer Degradation 17 (Rissbildung) in der Kontrollstruktur 4 (Figur 1). Die elektrischen Eigenschaften der Kontrollstruktur 4 ändern sich.

25 Zum Erfassen der Degradation der Kontrollstruktur 4 und damit zur Erfassung der Degradation 5 des Hitzeschildes 2 wird mit Hilfe einer Antenne 13 Energie in Form eines Hochfrequenz-Signals (elektromagnetisch) in den Schwingkreis 7 eingekoppelt. Auch hier ist keine direkte elektrische
30 Verbindung (feste Kabelverbindung) von Kontrollstruktur 4 und Kontrollvorrichtung 3 notwendig, da eine elektromagnetische Kopplung stattfindet.

Wenn die Kontrollstruktur 4 zerstört ist, kann die Energie nicht in die Kontrollstruktur 4 eingekoppelt werden. Mit der
35 Antenne 13, die nicht nur als Sender, sondern auch als Empfänger des Hochfrequenz-Resonanz-Signals fungiert, wird die Degradation der Kontrollstruktur 4 dadurch erfasst, dass

von der Kontrollstruktur 4 keine durch die Antenne 13 aufnehmbare Energie abgestrahlt wird.

5 Zum Erfassen der Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes 2, das in einer Brennkammer einer Gasturbine eingebaut ist, wird in einer Standphase der Gasturbine die Hochfrequenz-Resonanz-Eigenschaft des Schwingkreises 7 überprüft (Figur 5). Es wird der augenblickliche Ist-Wert erfasst (Verfahrensschritt 51) und mit einem Soll-Wert überprüft (Verfahrensschritt 52).
10 Wenn der Ist-Wert vom Soll-Wert tolerierbar abweicht, ist die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes 2 gewährleistet. Die Länge eines eventuell vorhandenen Risses 5 hat eine kritische Länge noch nicht erreicht. Das Hitzeschild muss nicht ausgetauscht werden. Weichen dagegen Ist-Wert und Soll-Wert
15 nicht tolerabel voneinander ab, so ist die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildes nicht mehr gewährleistet. Das Hitzeschild 2 muss ausgetauscht werden.

20 Zum Herstellen der Anordnung 1 werden das Hitzeschild 2 und die Kontrollstruktur 4 aneinander angeordnet und fest miteinander verbunden (Verfahrensschritte 41 und 42, Figur 4). Dazu wird eine elektrisch leitfähige, keramische Paste in Form der Kontrollstruktur 4 auf dem Oberflächenabschnitt 10 des Hitzeschildes 2 aufgetragen und gemeinsam mit dem
25 Hitzeschild 2 gesintert. Bei dem Sintervorgang findet ein Verdichten der elektrisch leitfähigen Paste zum keramischen Leiter statt.

Beispiel 2

30 Im Gegensatz zur vorhergehend beschriebenen Anordnung besteht die Kontrollstruktur 4 aus einem Netzwerk von inneren Leiterbahnen 14 und äußeren Leiterbahnen 14. Jede der Leiterbahnen 14 und 15 zeichnet sich durch einen bestimmten
35 Gleichstrom-Widerstand aus. An den von Rissen 5 unbeeinflussten Stellen des Hitzeschildes 2 sind die Leiterbahnen 14 und 15 als elektrische Kontaktstellen 16 zum

14

Bestimmen der elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur bis zum Rand des Hitzeschildes 2 geführt. Die inneren Leiterbahnen 14 werden normalerweise durch Risse 5 nicht beeinflusst. Sie dienen bei der Bestimmung des Gleichstrom-
5 Widerstandes der Kontrollstruktur der Überprüfung der Kontaktstellen 16. Dazu weisen die inneren Leiterbahnen 14 einen anderen elektrischen Widerstand auf als die äußeren Leiterbahnen 15.

Die Kontrollvorrichtung 3 und die Kontrollstruktur 4 weisen
10 keine permanente elektrische Verbindung untereinander auf. Eine elektrische Verbindung (Kopplung) zwischen Kontrollvorrichtung 3 und die Kontrollstruktur 4 wird kurzzeitig bei der Bestimmung eines elektrischen Parameters (Gleichstromwiderstand, Impedanz, Kapazität..) hergestellt

15

Bei einem Riss 5 kommt es zur Erhöhung des elektrischen Gleichstrom-Widerstands der durch den Riss 5 zerstörten Leiterbahn 15.

20 Beispiel 3:

Es wird mit Hilfe der zuvor beschriebenen Anordnung eine Degradation des Hitzeschildes nicht über die Messung des Gleichstrom-Widerstandes der Kontrollstruktur 4, sondern über
25 die Messung der frequenzabhängigen Impedanz der Kontrollstruktur erfasst.

Patentansprüche

1. Anordnung (1)

aus einem Bauteil (2) und
5 mindestens einer Kontrollvorrichtung (3) zum Erfassen
einer Degradation (5) des Bauteils (2),
wobei die Kontrollvorrichtung (3) mindestens eine von
einer Funktion des Bauteils entkoppelte elektrisch
10 leitfähige Kontrollstruktur (4) mit einer bestimmten
elektrischen Eigenschaft aufweist, und
wobei das Bauteil (2) und die Kontrollstruktur (4) derart
fest miteinander verbunden sind,
dass die Degradation (5) des Bauteils (2) eine Degradation
15 (17) der Kontrollstruktur (4) und damit eine Änderung der
bestimmten elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur
(4) bewirkt,

dadurch gekennzeichnet, dass

20 die Kontrollvorrichtung (3) und die Kontrollstruktur (4)
keine permanente elektrische Verbindung untereinander
aufweisen.

2. Anordnung nach Anspruch 1,

25 wobei die Degradation (5) des Bauteils und/oder die
Degradation (17) der Kontrollstruktur aus der Gruppe
Verformung und/oder Materialabtrag und/oder Rissbildung
und/oder Rissausbreitung ausgewählt ist.

30

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,

wobei die Kontrollstruktur (4) mindestens einen
elektrischen Schwingkreis (7) aufweist.

35

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
wobei die Kontrollstruktur (4) mindestens ein aus der
Gruppe metallischer Leiter und/oder keramischer Leiter
ausgewähltes elektrisch leitfähiges Leitermaterial
5 aufweist.

5. Anordnung nach Anspruch 4,
wobei ein Bauteilmaterial des Bauteils und das
10 Leitermaterial der Kontrollstruktur eine im Wesentliche
gleiche mechanische Eigenschaft aufweisen.

6. Anordnung nach Anspruch 5,
15 wobei die mechanische Eigenschaft zumindest aus der Gruppe
Temperaturausdehnungsverhalten und/oder Bruchzähigkeit
ausgewählt ist.

20 7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
wobei die Kontrollstruktur (4) an einem
Oberflächenabschnitt (10) des Bauteils (2) und/oder im
Volumen des Bauteils (2) angeordnet ist.

25 8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
wobei das Bauteil (2) ein Hitzeschild einer Brennkammer
ist.

30 9. Anordnung nach Anspruch 8, wobei die Kontrollstruktur (4)
an einem Oberflächenabschnitt (10) des Hitzeschildes (2)
angeordnet ist, der einem Innenraum (6) der Brennkammer
abgekehrt ist.

10. Verfahren zum Herstellen einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit den Verfahrensschritten:

- a) Aneinander Anordnen des Bauteils (2) und der Kontrollstruktur (4) und
- 5 b) Festes Verbinden des Bauteils und der Kontrollstruktur (4)
- c) Bereitstellen einer Kontrollvorrichtung (3), die nicht permanent mit der Kontrollvorrichtung (4) elektrisch verbunden wird.

10

11. Verfahren nach Anspruch 10,

wobei als Bauteilmaterial des Bauteils und/oder als Leitermaterial der Kontrollstruktur eine Keramik verwendet
15 wird und zum festen Verbinden des Bauteils und der Kontrollstruktur ein gemeinsames Sintern des Bauteils und der Kontrollstruktur durchgeführt wird.

20 12. Verfahren zum Überprüfen einer Funktionsfähigkeit eines Bauteils (1) unter Verwendung einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit den Verfahrensschritten:

- a) Bestimmen eines Ist-Werts mindestens einer bestimmten elektrischen Eigenschaft der Kontrollstruktur (4)
25 mittels der Kontrollvorrichtung (3),
wobei eine elektrische oder elektromagnetische Kopplung zwischen Kontrollstruktur (4) und Kontrollvorrichtung (3) hergestellt wird,
- b) Vergleich des Ist-Werts der elektrischen Eigenschaft mit
30 einem die Funktionsfähigkeit des Bauteils (1) widergebenden Soll-Werts der elektrischen Eigenschaft.

35

13. Verfahren nach Anspruch 12,
wobei die bestimmte elektrische Eigenschaft der
Kontrollstruktur aus der Gruppe Gleichstrom-Widerstand
und/oder Impedanz und/oder Hochfrequenz-Resonanz-
5 Eigenschaft ausgewählt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,
wobei das Bestimmen des Ist-Wertes der bestimmten
10 elektrischen Eigenschaft in einer Betriebsphase des
Bauteils und/oder in einer Standphase des Bauteils
durchgeführt wird.

FIG 1

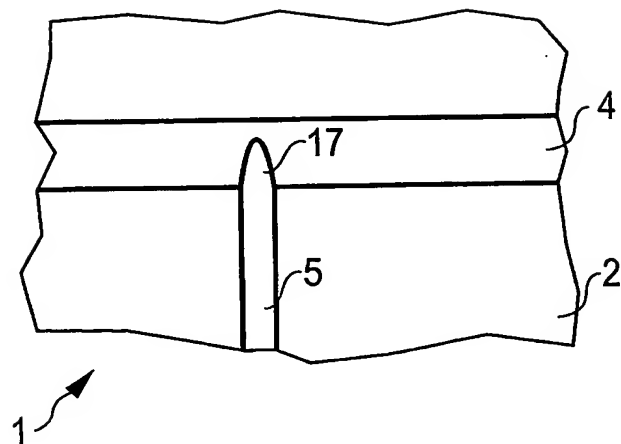


FIG 2

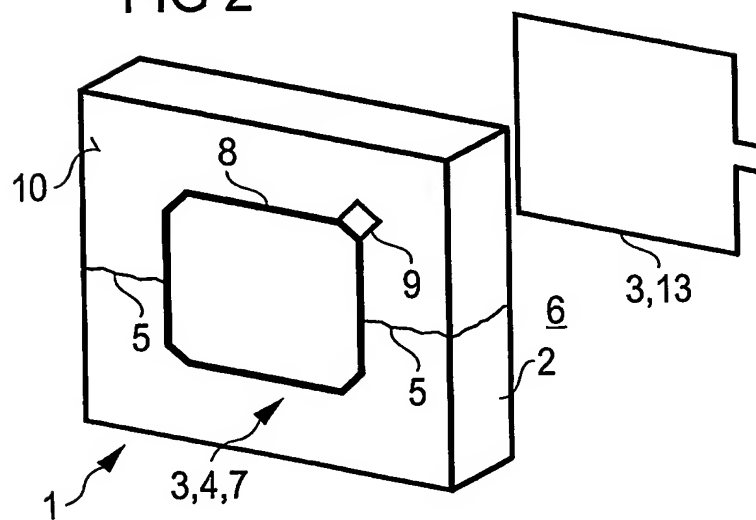


FIG 3

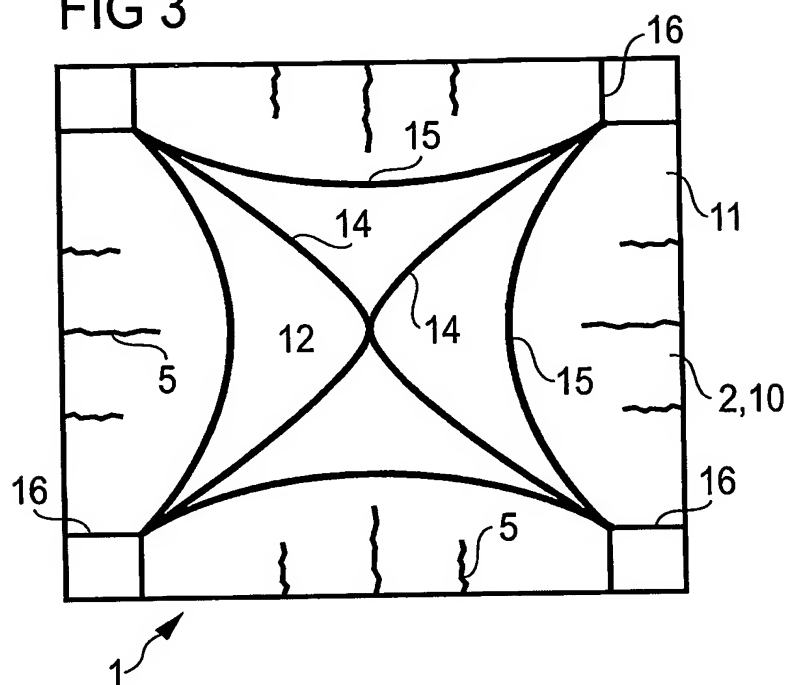


FIG 4

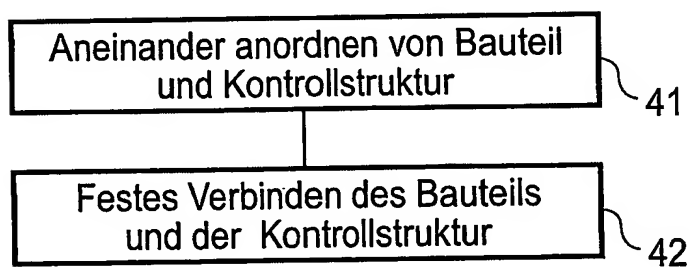
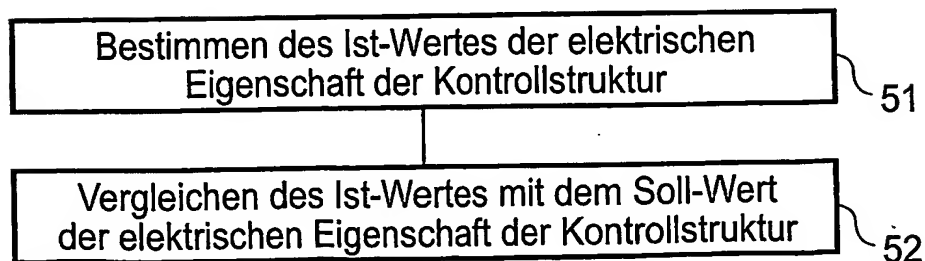


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/D/2003/01658A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01N27/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 026 660 A (UEDA KAZUO ET AL) 31 May 1977 (1977-05-31) the whole document	1-5, 7, 10
X	DE 199 23 143 A (UNIV DRESDEN TECH) 23 November 2000 (2000-11-23)	1-7, 10
Y	column 3, line 13 -column 4, line 64; figures 1-8	8, 9
Y	DE 44 19 750 C (SIEMENS AG) 22 June 1995 (1995-06-22) column 1, line 1 -column 1, line 52; claim 10	8, 9
	--- -/-- ---	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 October 2003

Date of mailing of the international search report

22/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Thomte, M

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 402 (P-1777), 27 July 1994 (1994-07-27) & JP 06 118618 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 28 April 1994 (1994-04-28)	1-4, 10, 13
A	abstract	5-14
A	DE 36 36 321 A (PURVIS HOWARD A) 28 April 1988 (1988-04-28) cited in the application the whole document	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Publication No

PCT/ 3/01658

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4026660	A	31-05-1977	JP 1135753 C JP 51137299 A JP 57024280 B	14-02-1983 27-11-1976 22-05-1982
DE 19923143	A	23-11-2000	DE 19923143 A1	23-11-2000
DE 4419750	C	22-06-1995	DE 4419750 C1 EP 0686845 A2 JP 8043376 A US 5647667 A	22-06-1995 13-12-1995 16-02-1996 15-07-1997
JP 06118618	A	28-04-1994	NONE	
DE 3636321	A	28-04-1988	US 4655077 A DE 3636321 A1	07-04-1987 28-04-1988

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G01N27/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 026 660 A (UEDA KAZUO ET AL) 31. Mai 1977 (1977-05-31) das ganze Dokument	1-5,7,10
X	DE 199 23 143 A (UNIV DRESDEN TECH) 23. November 2000 (2000-11-23)	1-7,10
Y	Spalte 3, Zeile 13 -Spalte 4, Zeile 64; Abbildungen 1-8	8,9
Y	DE 44 19 750 C (SIEMENS AG) 22. Juni 1995 (1995-06-22) Spalte 1, Zeile 1 -Spalte 1, Zeile 52; Anspruch 10	8,9
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C' zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Oktober 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/10/2003

 Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Thomte, M

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 402 (P-1777), 27. Juli 1994 (1994-07-27) & JP 06 118618 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 28. April 1994 (1994-04-28)	1-4, 10, 13
A	Zusammenfassung -----	5-14
A	DE 36 36 321 A (PURVIS HOWARD A) 28. April 1988 (1988-04-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die

den Patentfamilie gehören

Internationale Patentzeichen

PCT/D/8/01658

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4026660	A	31-05-1977	JP	1135753 C	14-02-1983
			JP	51137299 A	27-11-1976
			JP	57024280 B	22-05-1982
DE 19923143	A	23-11-2000	DE	19923143 A1	23-11-2000
DE 4419750	C	22-06-1995	DE	4419750 C1	22-06-1995
			EP	0686845 A2	13-12-1995
			JP	8043376 A	16-02-1996
			US	5647667 A	15-07-1997
JP 06118618	A	28-04-1994	KEINE		
DE 3636321	A	28-04-1988	US	4655077 A	07-04-1987
			DE	3636321 A1	28-04-1988

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.